

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-233975

(43)Date of publication of application : 17.10.1991

(51)Int.Cl.

H01L 29/84

G01L 9/04

(21)Application number : 02-029863

(71)Applicant : NIPPONDENSO CO LTD

(22)Date of filing : 08.02.1990

(72)Inventor : FUKADA TAKESHI

## (54) SEMICONDUCTOR SENSOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a semiconductor sensor with high accuracy and low power consumption by specifying the specific resistance of a polycrystalline silicon resistor.

CONSTITUTION: The specific resistance of a polycrystalline silicon resistor is set to  $1.9 \times 10^{-3} - 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ . In this case, temperature coefficient sum (TCR +TCK) of temperature coefficient TCR of the resistance value of the silicon resistor and the temperature coefficient TCK of an output voltage sensitivity at the time of applying a constant voltage can be set to a range of  $0 \pm 500 \text{ppm}/^\circ \text{C}$ , and even if the thickness of a film is reduced, the temperature compensating accuracy of a sensor can be set to  $\pm 1\%$  full scale in the available temperature range of the sensor. Thus, a semiconductor sensor having low power consumption at a high resistance and a high accuracy in a wide temperature range can be obtained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-233975

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)10月17日

H 01 L 29/84  
G 01 L 9/04

1 0 1

B 2104-5F  
9009-2F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 半導体センサ

⑯ 特 願 平2-29863

⑰ 出 願 平2(1990)2月8日

⑱ 発 明 者 深 田 毅 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電装株式会社 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

⑳ 代 理 人 弁理士 恩田 博宣 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

半導体センサ

2. 特許請求の範囲

1. 多結晶シリコン抵抗体を歪ゲージとして用いた半導体センサにおいて、

前記多結晶シリコン抵抗体の比抵抗を  $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  としたことを特徴とする半導体センサ。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

この発明は、多結晶シリコン抵抗体を歪ゲージとして用いた半導体センサに関するものである。

〔従来の技術〕

半導体圧力センサは半導体で形成された抵抗体の応力による抵抗値変動(ピエゾ抵抗効果)を用いて圧力を精度よく検出できるものである。この半導体抵抗には従来、単結晶シリコンが用いられている。近年、多結晶シリコン抵抗を用いた半導体圧力センサの開発が盛んである。この多結晶シ

リコン抵抗は絶縁物上に形成が容易で、薄膜化により高抵抗体を形成でき、広い温度範囲にわたって高精度な圧力測定が期待できるものである。そして、この抵抗体の高抵抗化は、圧力センサの低消費電力化を可能とする。

又、ピエゾ抵抗効果を用いた半導体圧力センサでは、4つの抵抗体を受圧部(ダイアフラム)上に形成しフル・ブリッジを組むようになっている。このとき、温度による変動を避けるために抵抗の温度係数(TCR)と感度の温度係数(TCK)とが、絶対値が等しく符号が逆となるように、即ち、和が「0」となるように半導体を形成して定電流自己温度補償を行う。そして、この温度係数を制御するために不純物キャリア濃度の調整を行ってきた。又、多結晶シリコンにおいても、Sensors and Actuators, 17(1989)405-414、Sensors and Actuators, 17(1989)521-527にて、温度係数の不純物キャリア濃度依存性を明らかにしている。尚、ここでキャリア濃度とは、結晶粒内のキャリア濃度で

ある。

〔発明が解決しようとする課題〕

これら文献に示されている多結晶シリコンの膜厚は $0.4\mu\text{m}$ ～ $0.5\mu\text{m}$ と厚く、高抵抗化には薄膜化が必要である。しかしながら、本発明者が測定した結果、多結晶シリコンでは $0.4\mu\text{m}$ よりも薄膜化していくと、同一のキャリア濃度でありながら温度係数和が負となるという問題が生じるということが判明した。

以下に、薄膜化すると温度係数和が負となる理由について考察してみる。第5図に示すように、多結晶シリコン1は結晶粒2と粒界3とで形成されている。そして、ピエゾ抵抗効果は結晶粒2内での効果であるから、TCRは結晶粒2内の不純物キャリア濃度によって決定される。このため、TCRは膜厚によって変動しない。これに対しTCRは、結晶粒内抵抗 $R_g$ の温度係数と粒界部抵抗 $R_b$ の温度係数とから次のように与えられる。

<以下、余白>

$$TCR = \frac{\sum_{g=1}^m \frac{\Delta R_g}{\Delta T} + \sum_{b=1}^n \frac{\Delta R_b}{\Delta T}}{\sum_{g=1}^m \Delta R_g + \sum_{b=1}^n \Delta R_b}$$

ただし、 $m$ は電流が通過する結晶粒の数

$n$ は電流が通過する粒界の数

$\sum_{g=1}^m R_g + \sum_{b=1}^n R_b$ は、多結晶シリコンの総抵抗

つまり、第6図に示すように、結晶粒内抵抗 $R_g$ と粒界部抵抗 $R_b$ とが交互に、かつ、直列に接続されたものとみなすことができる。このとき、結晶粒2内は単結晶であるから $\Delta R_g / \Delta T > 0$ であり、粒界3内は非晶質と考えられるため $\Delta R_b / \Delta T < 0$ となる。

そして、多結晶シリコン1の薄膜化を行うと、第7図に示すように、結晶粒2の粒径よりその膜厚が薄くなる結果、結晶粒2の単層構造となる。この状態において、総抵抗 $R (= \sum R_g + \sum R_b)$ のうちの粒界部抵抗 $R_b$ の占める割合が上昇してくる。このため、薄膜化を行うと、TCRが負の方向へ変化し、温度係数和(TCR+TCR)を

3

負の方向へ変動させてしまうものと思われる。

この発明の目的は、キャリア濃度によらず他の要因により、薄膜化した高抵抗歪ゲージの形成が可能で低消費電力、かつ広い温度範囲にわたって高精度な半導体センサを提供することにある。

〔課題を解決するための手段〕

第1図には、各種膜厚( $25\text{nm}$ ～ $1\mu\text{m}$ )の多結晶シリコン抵抗体を用いての多結晶シリコン抵抗体の比抵抗と温度係数和(TCR+TCR)の測定結果を示す。その結果、多結晶シリコン抵抗体の膜厚には無関係に比抵抗のみによって温度係数和が決定されることが判明した。一方、一般にセンサの使用温度範囲は最も狭い範囲であっても $0^\circ\text{C}$ ～ $40^\circ\text{C}$ であるので、この温度範囲でセンサの温度補償精度を $\pm 1\%$ (フルスケール)とするためには、 $\pm 1\% / \pm 20^\circ\text{C} = 0 \pm 500\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以下の温度係数が必要である。よって、 $0 \pm 500\text{ppm}/^\circ\text{C}$ の温度係数を満足するために、第1図により $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ の比抵抗を有する多結晶シリコン抵抗体を形

4

成すればよいことが分かった。

そこで、この発明は、多結晶シリコン抵抗体を歪ゲージとして用いた半導体センサにおいて、前記多結晶シリコン抵抗体の比抵抗を $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ とした半導体センサをその要旨とするものである。

〔作用〕

比抵抗が $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ の多結晶シリコン抵抗体を使用することにより薄膜化しても温度係数和(TCR+TCR)を $0 \pm 500\text{ppm}/^\circ\text{C}$ の範囲内にできる。よって、薄膜化による高抵抗化を図ることができる。

〔実施例〕

以下、この発明を具体化した一実施例を図面に従って説明する。

第2図には本実施例の半導体センサの断面図を示し、当該センサは所定の時間間隔( $1/10$ のデューティ)で水道水の水压を測定する圧力センサであり、例えば、洗浄便座において温水と冷水とを混合して適切な噴出圧を制御するシステムに

5

6

利用できるものである。

パッケージ 11 内にはバイレックスガラスよりなる台座 12 が設けられ、台座 12 の上にはシリコン基板 13 が隔極接合法により固定されている。このシリコン基板 13 の中央部は薄膜化され受圧部（ダイヤフラム）が形成されるとともに、受圧部の中央部には突起部 13a が形成されている。そのシリコン基板 13 の上面には絶縁膜としてのシリコン酸化膜 14 が形成され、シリコン酸化膜 14 上には 4 つの多結晶シリコン抵抗体 15a, 15b, 15c, 15d が配設されている。この多結晶シリコン抵抗体 15a~15d の膜厚は 500 Å (0.05 μm) であり、比抵抗は  $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  となっている。

つまり、最も狭いセンサの使用温度範囲である 0℃~40℃ に対しセンサの温度補償精度を ±1% (フルスケール) とするためには  $0 \pm 500 \text{ p p m}/^\circ\text{C}$  以下の温度係数が必要であるので、第 1 図に基づく  $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  の比抵抗を有する多結晶シリコン抵抗体を形成

している。尚、0~40℃ という温度範囲は、例えば、人体へ噴出する温水圧を制御する洗浄便座システムにおいて、人体への影響のない温度範囲である。

このセンサの製造方法を説明すると、熱酸化により (100) シリコン基板 13 の表面にシリコン酸化膜 14 を形成する。次に、減圧 CVD 法によりシリコン酸化膜 14 の上に多結晶シリコンを堆積し、その後、多結晶シリコンをパターン化する。次に、多結晶シリコンの表面を熱酸化してシリコン酸化膜 16 を形成した後、多結晶シリコンに不純物をイオン注入して多結晶シリコン抵抗体 15a~15d を形成する。そして、注入不純物の活性化アニールを行う。このとき、多結晶シリコン抵抗体 15a~15d への不純物のドーザ量を調整して（例えば、 $10^{16} \sim 10^{18} \text{ ions/cm}^2$  程度）、比抵抗を  $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  に調整する。

続いて、シリコン酸化膜 14 の上に表面保護膜 17 を形成し、さらに、多結晶シリコン抵抗体 1

7

8

5a~15d と電気接続するためのアルミ電極配層 18 を形成する。そして、シリコン基板 13 の裏面から受圧部のエッチング加工を行う。ついで、シリコン基板 13 と台座 12 とを接合してパッケージ 11 に収納する。

このように製造されたセンサにおいては、パッケージ 11 の接続孔 11a は大気と開放されるとともに、接続孔 11b は水道管と接続される。よって、大気と水道水との間の圧力差によりシリコン基板 13 の受圧部（ダイヤフラム）が変形する。

第 3 図にはセンサの電氣的構成を示す。4 つの多結晶シリコン抵抗体 15a~15d にてフルブリッジが形成され、多結晶シリコン抵抗体 15a, 15d は加圧時に負の抵抗変化を示す受圧部位置に配置され、多結晶シリコン抵抗体 15b, 15c は加圧時に正の抵抗変化を示す受圧部位置に配置される。そして、入力端子 a はアースされるとともに、入力端子 b は定電流回路 19 を介して 3V のリチウム電池 20（容量：0.5 A・H）が接続されている。このとき、多結晶シリコン抵

抗体 15a~15d によるフルブリッジ回路の総抵抗値は 150 kΩ となっている。

そして、入力端子 a, b 間に定電圧を印加しておけば、圧力印加時には出力端子 c, d 間に電位差の変化が生じる。この電位差が出力電圧として取り出され、増幅器（図示略）にて増幅して出力される。そして、リチウム電池 20 等の電池にてこの増幅器が駆動され、そのための消費電流は  $8 \times 10^{-8} \text{ A}$  である。又、ブリッジ回路の消費電流は  $2 \times 10^{-8} \text{ A}$  である。よって、ブリッジ回路と増幅器の全消費電流は  $10 \times 10^{-8} \text{ A}$  であり、リチウム電池 20 により 5 年間のセンサ使用が可能となる。第 4 図にはセンサの温度特性を示す。多結晶シリコン抵抗体 15a~15d の抵抗値は正の温度係数を示すとともに、入力端子 a, b に定電圧を印加した場合における圧力印加時の出力電圧感度は負の温度係数を示す。このとき、多結晶シリコン抵抗体 15a~15d の抵抗値の温度係数 (TCR) と定電圧印加時の出力電圧感度の温度係数 (TKC) とが、絶対値が等しく符号が

9

10

逆であるように、多結晶シリコン抵抗体 15 a ~ 15 d が形成されている。

そして、測定の際には、入力端子 a、b の間に定電流を印加し温度を変化させると、入力端子 a、b の間の電圧は TCR にて上昇して出力電圧はこの入力電圧に比例して上昇しようとするが、出力電圧感度は温度上昇に伴い負の温度係数で変化する。従って、 $TCR + TCK = 0$  が成立して、温度係数が「0」となり温度補償が行われる。

このように本実施例においては、複数の多結晶シリコン抵抗体 15 a ~ 15 d を歪ゲージとしてブリッジを組んだ半導体センサにおいて、多結晶シリコン抵抗体 15 a ~ 15 d の比抵抗を  $1.9 \times 10^{-3} \sim 3.9 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$  とした。つまり、多結晶シリコン抵抗体の不純物キャリア濃度によらず比抵抗をコントロールすることにより温度係数とを  $0 \pm 500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  とすることができる。よって、高抵抗化のために多結晶シリコン抵抗体 15 a ~ 15 d を薄膜化 (500 Å) しても TCR と TCK の総和を  $0 \pm 500 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  にする

ことができる。その結果、従来の単結晶シリコン技術ではブリッジ回路の総抵抗が  $1 \text{ k}\Omega \sim 4 \text{ k}\Omega$  であり、厚さ  $0.4 \mu\text{m}$  以上の多結晶シリコンを用いたものでも  $10 \text{ k}\Omega \sim 30 \text{ k}\Omega$  しか達成できなかったが、本実施例ではブリッジ回路の総抵抗値を  $150 \text{ k}\Omega$  にできることにより低消費電力化を図ることができる。つまり、リチウム電池 20 を用いて 5 年間のセンサ使用が可能となる。

尚、この発明は上記実施例に限定されるものではなく、例えば、上記実施例では多結晶シリコン抵抗体 15 a ~ 15 d にてフルブリッジを形成したが、2つの多結晶シリコン抵抗体によりハーフ・ブリッジを形成しても同様に作用し、圧力に応じた出力電圧を取り出すことができる。又、1つの多結晶シリコン抵抗体によりロード・セルタイプの感圧素子を形成してもよい。

又、本センサを圧力センサの他に加速度センサとして使用してもよい。さらに、上記実施例では、シリコン基板 13 を薄膜化した受圧部上にシリコン酸化膜 14 (絶縁膜) を形成しその上に多結晶

1 1

シリコン抵抗体 15 a ~ 15 d を形成したが、薄膜絶縁膜上に多結晶シリコン抵抗体を形成し絶縁膜を受圧部とした、いわゆる、マイクロダイヤフラム構造としてもよい。

又、上記実施例では受圧部 (シリコン基板 13) の中央に突起部 13 a を形成したが、突起部 13 a のない受圧部を有するセンサに具体化してもよい。

(発明の効果)

以上詳述したようにこの発明によれば、低消費電力で、かつ広い温度範囲にわたって高精度な半導体センサとすることができる優れた効果を発揮する。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は比抵抗と温度係数との関係を示す図、第 2 図は実施例の半導体センサの断面図、第 3 図は半導体センサの電気回路図、第 4 図は温度の依存性を示す図、第 5 図は多結晶シリコン抵抗体をモデル化した図、第 6 図は多結晶シリコン抵抗体をモデル化した場合の等価回路図、第 7 図は多結

1 2

晶シリコン抵抗体をモデル化した図である。

15 a ~ 15 d は多結晶シリコン抵抗体。

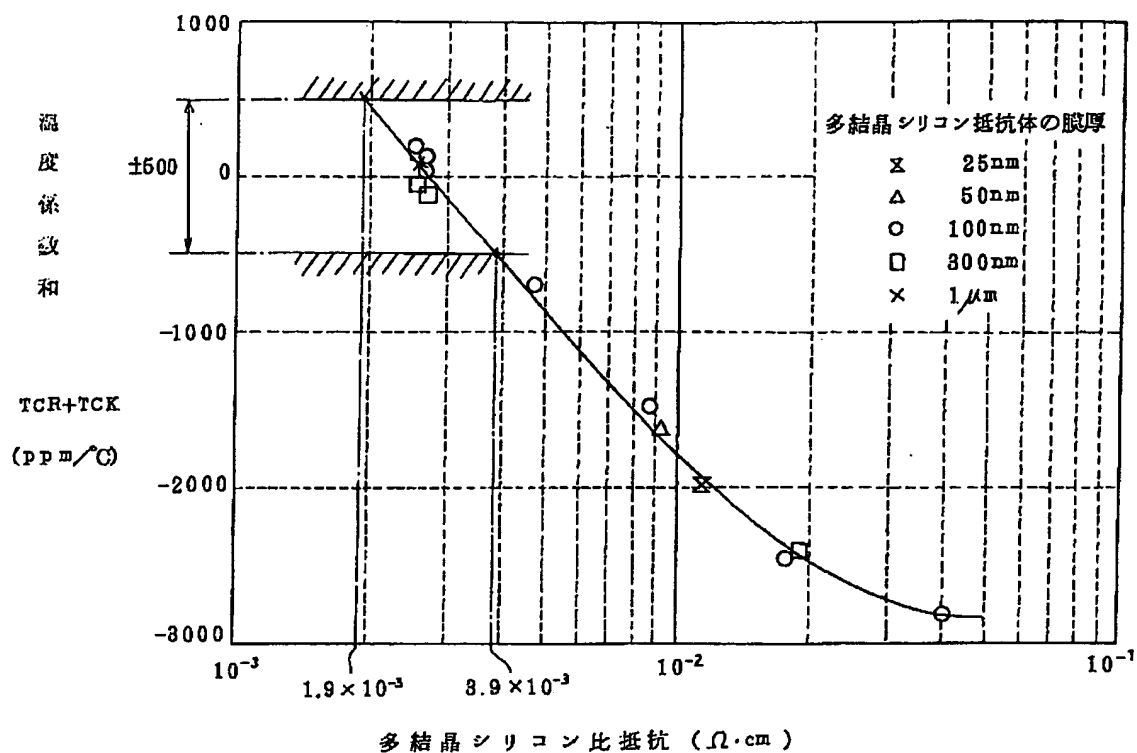
特許出願人 日本電装 株式会社

代理人 弁理士 恩田 博宣 (ほか 1 名)

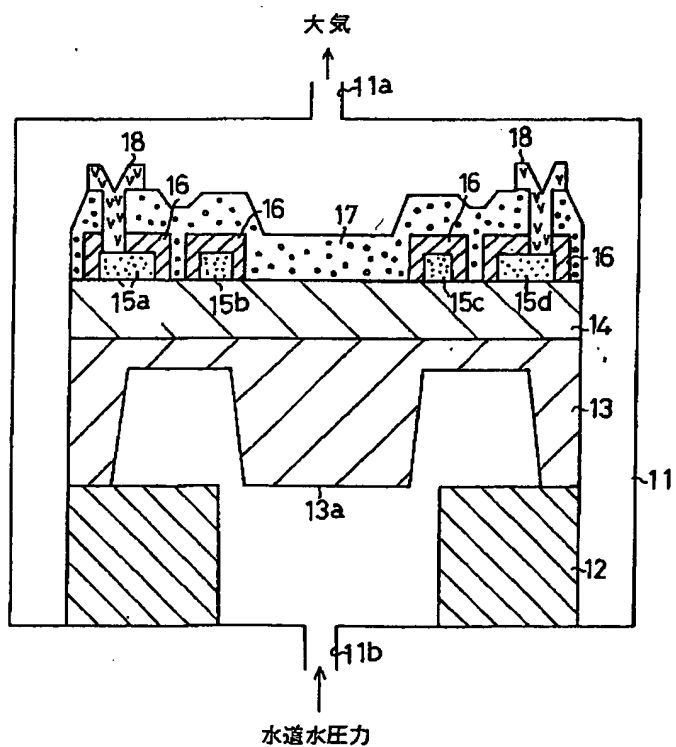
1 3

1 4

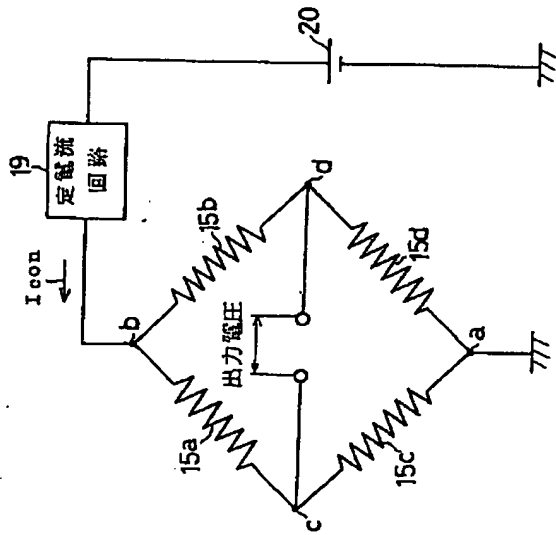
## 第 1 圖



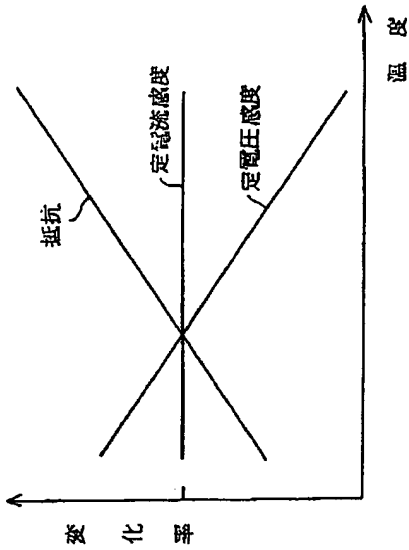
## 第 2 圖



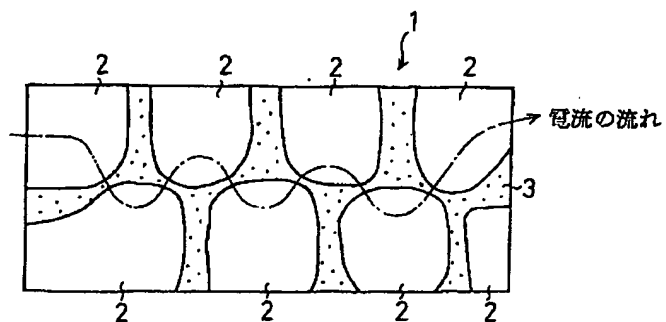
第 3 圖



第 4 圖



第 5 図



第 6 図



第 7 図

